

3
BT
021-12

PATENT
ATTORNEY DOCKET NO.: 040894-5682

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Katsuhisa ITOH

Application No.: 09/888,500

Filed: June 26, 2001

For: LASER DEVICE AND LIGHT SIGNAL
AMPLIFYING DEVICE USING THE
SAME

Group Art Unit: 2881

Examiner: Unassigned

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

CLAIM FOR PRIORITY

Under the provisions of 35 U.S.C. §119, Applicants' hereby claim the benefit of the filing date of **Japan** Patent Application No. 2000-199397 filed June 30, 2000 for the above-identified United States Patent Application.

In support of Applicants' claim for priority, filed herewith is a certified copy of the Japan application.

Respectfully submitted,

MORGAN, LEWIS & BOCKIUS LLP

Robert J. Goodell
Reg. No. 41,040

Dated: September 18, 2001

MORGAN, LEWIS & BOCKIUS LLP
1800 M Street, N.W.
Washington, D.C. 20036
(202)467-7000

RECEIVED
SEP 20 2001
TC 2800 MAIL ROOM



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office .

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 6月30日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-199397

出 願 人

Applicant(s):

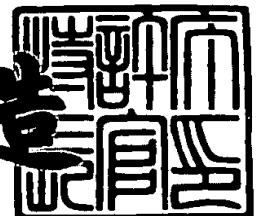
ホーヤ株式会社

RECEIVED
SEP 20 2001
TC 2800 MAIL ROOM

2001年 7月 3日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3062213

【書類名】 特許願

【整理番号】 12HY002

【提出日】 平成12年 6月30日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H03S 3/00

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都新宿区中落合2丁目7番5号 ホーヤ株式会社内

 【氏名】 伊東 勝久

【特許出願人】

 【識別番号】 000113263

 【氏名又は名称】 ホーヤ株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100101502

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 安齋 嘉章

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 062628

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザー装置及びこれを用いた光信号増幅装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 内部にレーザー活性物質を含み前記レーザー活性物質が励起されると端部よりレーザー光を発する光ファイバーの少なくとも一部が密集状態で光学媒質により固定されているレーザー装置において、

前記光学媒質は400℃以下の硬化温度を有し、一旦硬化すると300℃以上の熱分解開始温度と、前記レーザー活性物質を励起可能な励起光の波長で1.40～1.56の屈折率と、損失0.5dB/cm以下の透明性を有する有機-無機ハイブリッド材料であるレーザー装置。

【請求項2】 内部にレーザー活性物質を含み前記レーザー活性物質が励起されると端部よりレーザー光を発する光ファイバーの少なくとも一部が密集状態で光学媒質により固定されているレーザー装置において、

前記光学媒質は、一般式 $RSiO_{1.5}$ （Rはアルキル基、水酸基、フェニル基、ビニル基、2-クロロエチル基、2-ブロモエチル基、水素、重水素、フッ素又は酸素を表す。但し、Rが全て酸素であるものを除く。また、Rは繰り返し単位毎に異なってもよい。）で表される繰り返し単位を含む有機-無機ハイブリッド材料であるレーザー装置。

【請求項3】 内部にレーザー活性物質を含み前記レーザー活性物質が励起されると端部よりレーザー光を発する光ファイバーの少なくとも一部が密集状態で光学媒質により固定されているレーザー装置において、

前記光学媒質は、ポリメチルシルセスキオキサン、ポリメチルーヒドリドシルセスキオキサン、ポリフェニルシルセスキオキサン、ポリフェニルーメチルシルセスキオキサン、フェニルシルセスキオキサノージメチルシロキサンコポリマー、ポリフェニルービニルシルセスキオキサン、ポリシクロヘキシルシルセスキオキサン、ポリシクロペンチルシルセスキオキサン、ポリヒドリドシルセスキオキサン、ポリ（2-クロロエチル）シルセスキオキサン、ポリ（2-ブロモエチル）シルセスキオキサン、これらの混合物又はこれらとポリシロキサンとの混合物からなるオリゴマー若しくはポリマーを含むレーザー装置。

【請求項 4】 内部にレーザー活性物質を含み前記レーザー活性物質が励起されると端部よりレーザー光を発する光ファイバーの少なくとも一部が密集状態で光学媒質により固定されているレーザー装置において、

前記光学媒質は、ポリ（２－クロロエチル）シルセスキオキサン、ポリ（２－ブロモエチル）シルセスキオキサン又はこれらの混合物を硬化させたアモルファスシリカを含むレーザー装置。

【請求項 5】 前記光ファイバーは渦巻き状又はコイル状に巻回された状態で固定されている請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項記載のレーザー装置。

【請求項 6】 前記光ファイバーは束ねられた状態で固定されている請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項記載のレーザー装置。

【請求項 7】 前記光ファイバーの側面には平面が形成されており、前記光ファイバーは前記平面どうしが密着した状態で固定されている請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項記載のレーザー装置。

【請求項 8】 請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載されたレーザー装置を備え、前記レーザー装置の光ファイバーの一端を信号光の入力端とし、他端を増幅光の出力端とする光信号増幅装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明はレーザー装置及び光信号増幅装置に係り、特に、光ファイバー内部に含まれるレーザー活性物質に励起光を導入してレーザー発振を行うレーザー装置及びこのようなレーザー装置を用いた光信号増幅装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

光通信又は光加工技術分野においては、安価で高出力のレーザー装置の開発が望まれている。従来より、この要請を満たせる可能性の高いものとして光ファイバーレーザー装置が知られている。光ファイバーレーザー装置は光を高密度に閉じ込めることでレーザー活性物質と光の相互作用を高め、且つ長さを長くすることで相互作用長を高められるので、空間的に高品質のレーザー光を発生すること

ができる。

【 0 0 0 3 】

このようなレーザー装置において、レーザー光の高出力化又は高効率化を実現するには、いかに光ファイバーのレーザー活性物質が添加されているコアに効率よく励起光を導入するかが課題となる。しかし、通常、単一モードの導波条件にコアを設定するとコア径は十数 μm 以下に限定されるので、この径の端面に効率よく励起光を導入するのは困難である。そこで光ファイバーの側面から励起光を導入することで励起光の導入効率を高め、且つ出力レーザー光の集光性を高めることのできるレーザー装置が提案されている。

【 0 0 0 4 】

例えば、特開平 1 0 - 1 9 0 0 9 7 号は、光ファイバーが密集した状態で光学媒質により一体化された構造体を形成しており、この構造体の周辺部から励起光を照射することにより、光ファイバーの端面からレーザー光を出力させるレーザー装置を開示している。このような装置によれば、光ファイバーの側面より励起光が導入されるので、端面より励起光を導入する場合に比べて、励起光が導入される面積が格段に大きい。しかも、出力されるレーザー光は光ファイバーの導波構造によって決定されるモードのみであるから近似的には光ファイバーからの出力光をコア径までは集光可能である。従って、ファイバーがシングルモードのみを伝播するものであれば、取り出し光は解析限界まで集光可能となる。このため、励起光よりもはるかに高輝度のレーザー光を得ることができる。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特開平 1 0 - 1 9 0 0 9 7 号記載のレーザー装置では、励起光は光ファイバーを横切る形で伝播していくため、光ファイバー間の間隙において励起光の伝搬減衰や散乱損失を防止する必要がある。そのため、光ファイバーを熱融着で一体化したり、光ファイバー間の間隙を有機系接着剤で埋め込んだりすることが考えられる。

【 0 0 0 6 】

光ファイバーの間隙を有機系接着剤で埋め込むことは比較的容易に行うことは

できるものの、有機物ゆえ耐光パワー性が低く、数百W以上の強励起下では機械的強度を保持できなくなったり、接着剤が変性して透明性が維持できなくなることがある。

【0007】

また、光ファイバーを熱融着で一体化する方法は、光ファイバー間の間隙を光ファイバーの母材と同質のガラスで完全に埋め込むものである。この方法は信頼性は高いが、光ファイバーが石英ガラスのような融点の高いガラスで形成されている場合、光ファイバーを1500℃以上の高温で融着する必要があるので、光ファイバーのコアが変形するおそれがあり、また、この温度まで耐える形状を保つための補助治具の開発が困難であるといった問題がある。

【0008】

本発明は上述した問題点を解決するためになされたものであり、励起光の導入効率やレーザー発振効率に優れ、レーザー発振に伴う光や熱に対する耐性が高く、しかも製造の容易なレーザー装置及びこのようなレーザー装置を用いた光信号増幅装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するため、本発明者は鋭意研究の結果、取扱が容易な有機高分子樹脂の特徴と耐光性及び耐熱性に優れるという無機金属酸化物ガラスの特徴を併せ持つ有機-無機ハイブリッド材料が光ファイバーを密集状態で固定化する光学媒質として優れた特性を有することを見出し本発明を完成した。

【0010】

本発明は、内部にレーザー活性物質を含みレーザー活性物質が励起されると端部よりレーザー光を発する光ファイバーの少なくとも一部が密集状態で光学媒質により固定されているレーザー装置において、光学媒質は400℃以下の硬化温度を有し、一旦硬化すると300℃以上の熱分解開始温度と、レーザー活性物質を励起可能な励起光の波長で1.40～1.56の屈折率と、損失0.5dB/cm以下の透明性を有する有機-無機ハイブリッド材料であるレーザー装置である。

【0011】

本発明によれば、光学媒質は400℃以下の硬化温度で流動性を失わせることができるのでレーザー装置の製造が容易になると共に、製造に際し光ファイバーのコアを変形させるおそれがない。また、一旦硬化すると300℃以上の熱分解開始温度を有するので、レーザー発振に伴う熱及び光により装置がダメージを受けることがない。さらに、この光学媒質はレーザー活性物質を励起可能な励起光の波長で1.40～1.56の屈折率を有するので光ファイバーと光学媒質の屈折率を同程度に設定することが可能になり、光学媒質とクラッドとの境界における励起光の散乱損失を最小にとどめることができると共に、損失0.5 dB/cm以下の透明性を有するので光学媒質での励起光の減衰を防止することが可能になる。従って、励起光の導入効率やレーザー発振効率に優れ、励起光に対する耐性が高く、しかも製造の容易なレーザー装置を提供することができる。

【0012】

本発明において、上記の特性を有する光学媒質としては、一般式 $\text{RSiO}_{1.5}$ （Rはアルキル基、水酸基、フェニル基、ビニル基、2-クロロエチル基、2-ブロモエチル基、水素、重水素、フッ素又は酸素を表す。但し、Rが全て酸素であるものを除く。また、Rは繰り返し単位毎に異なってもよい。）で表される繰り返し単位を含む有機-無機ハイブリッド材料が挙げられる。

【0013】

具体的には、上記の特性を有する光学媒質としては、ポリメチルシルセスキオキサン、ポリメチルーヒドリドシルセスキオキサン、ポリフェニルシルセスキオキサン、ポリフェニルーメチルシルセスキオキサン、フェニルシルセスキオキサン、ジメチルシロキサンコポリマー、ポリフェニルービニルシルセスキオキサン、ポリシクロヘキシルシルセスキオキサン、ポリシクロペンチルシルセスキオキサン、ポリヒドリドシルセスキオキサン、ポリ（2-クロロエチル）シルセスキオキサン、ポリ（2-ブロモエチル）シルセスキオキサン、これらの混合物又はこれらとポリシロキサンとの混合物を含むオリゴマー若しくはポリマー、或いはポリ（2-クロロエチル）シルセスキオキサン、ポリ（2-ブロモエチル）シルセスキオキサン又はこれらの混合物を硬化させたアモルファスシリカ等が挙げら

れる。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

図1及び図2は本発明の第1実施形態に係るレーザー装置10を示す。

このレーザー装置10は、光ファイバー14が巻回された状態で固定されている光ファイバー構造体12と、この光ファイバー14を励起させる励起光を発する励起光源20とを備えている。

【0015】

この光ファイバー構造体12は、単層の渦巻き状に巻回された光ファイバー14と、この光ファイバー14の互いに隣接する部分を接着して固定するための接着層16とを備えている。

【0016】

光ファイバー14はレーザー活性物質がドープされたコア14aと、このコア14aの周りに形成されたクラッド14bとを備えている。このレーザー活性物質は励起光による誘導放出効果によりレーザー光を発生する物質であり、ネオジウム(Nd)、イッテルビウム(Yb)、エルビウム(Er)等の希土類元素等からレーザー装置の用途に応じたものが用いられる。本実施の形態では、光ファイバー14としては、接着層16による接着強度を強化すると共に、接着層16の硬化に伴う収縮により接着層16にひび割れ(クラック)が発生するのを防止するため、クラッド14bの断面が四角形のものが用いられる。この光ファイバー14は、通常、屈折率が1.60以下のガラス、例えば、石英系ガラス、リン酸塩ガラス、フッ化物ガラス、フッリン酸塩ガラス、ホウ酸塩ガラス等の光学材料からレーザー装置10の用途に応じた材料により形成される。

【0017】

この光ファイバー14は外周に反射面が形成された円筒22を中心として単層の渦巻きに巻回されている。この光ファイバー14の一端は反射端として中心体の内部で反射鏡24に接続されており、他端は出力端として外部に引き出されている。

【0018】

この巻回された光ファイバー14の互い隣接する部分には接着層16が形成されており、この接着層16により光ファイバー14は円盤状の光ファイバー構造体12として固定されている。この接着層16としては、400℃以下の硬化温度を有し、一旦硬化すると300℃以上の熱分解開始温度と、励起光の波長で1.40～1.56の屈折率と、損失0.5dB/cm以下の透明性を有する有機-無機ハイブリッドポリマーが用いられる。

【0019】

このような特性を有する物質としては、一般式 $\text{RSiO}_{1.5}$ （Rはアルキル基、水酸基、フェニル基、ビニル基、2-クロロエチル基、2-ブロモエチル基、水素、重水素、フッ素又は酸素を表す。但し、Rが全て酸素であるものを除く。また、Rは繰り返し単位毎に異なってもよい。）で表される繰り返し単位を含む有機-無機ハイブリッドポリマーが挙げられる。この有機-無機ハイブリッドポリマーは、例えば、オルガノアルコキシシランを加水分解してできる高度な架橋体であり、分子構造の内部にはケイ素原子と酸素原子の結合に加えて有機物質の側鎖を有し、これらが三次元的に網目構造を形成している。

【0020】

具体的には、上記の特性を有する有機-無機ハイブリッドポリマーとしては、ポリメチルシルセスキオキサン、ポリメチルーヒドリドシルセスキオキサン、ポリフェニルシルセスキオキサン、ポリフェニルーメチルシルセスキオキサン、フェニルシルセスキオキサンのジメチルシロキサンコポリマー、ポリフェニルービニルシルセスキオキサン、ポリシクロヘキシルシルセスキオキサン、ポリシクロペンチルシルセスキオキサン、ポリヒドリドシルセスキオキサン、ポリ（2-クロロエチル）シルセスキオキサン、ポリ（2-ブロモエチル）シルセスキオキサン、これらの混合物、又はこれらとポリシロキサンとの混合物を硬化させたもの等が挙げられる。

【0021】

例えば、レーザー活性物質がイッテルビウムのように0.910μm程度の励起波長を有する物質の場合、この波長におけるC-H結合の伸縮振動による励起

光の吸収を避けるため、C-H結合を有しないポリヒドリドシルセスキオキサン等を用いられる。

【0022】

上記のシルセスキオキサン類は有機側鎖を変更することにより1.40～1.56の範囲でその屈折率を調整することができる。また、これらのオリゴマーは混合して重合することにより光学的に均質の重合体を得ることができ、これによって上記範囲内で所望の屈折率を有する重合体を調整することも可能である。例えば、有機側鎖が全てメチル基のポリメチルシルセスキオキサンは屈折率がナトリウムのD線で1.43であり、側鎖がフェニル基とメチル基からなるポリフェニルメチルシルセスキオキサンでは同屈折率が1.49である。これらのオリゴマーを混合して重合させることにより、石英系ガラスのクラッドの屈折率である1.4585に調節することができる。このように、光ファイバー14のクラッド14bと接着層16の屈折率を同程度に調整することにより接着層とクラッドとの境界が光学的にほぼ消失し、励起光の散乱損失を最小にとどめることができる。

【0023】

このような光ファイバー構造体12は、上記樹脂のオリゴマー又はモノマーをブタノール、アセトン、メトキシプロパノール、ピリジン、テトラヒドロフラン、メチルイソブチルケトン等の有機溶剤に溶解したものを光ファイバー14に塗布し、この光ファイバー14を円筒22に巻回した後、乾燥、加熱又は紫外線照射等により上記樹脂を硬化させることにより形成される。これによって、機械的強度が高く、損失0.5dB/cm以下の透明性を有し、しかも300℃以上の高温にも長時間耐え得る接着層16を形成することができる。

【0024】

上記樹脂の熱分解温度は、例えば、ポリメチルシルセスキオキサンとポリフェニルメチルシルセスキオキサンの1:2混合物では約500℃であり、フェニルシルセスキオキサン-ジメチルシロキサンコポリマーでは約350℃である。またβ-ブロモエチルシルセスキオキサンは、300℃以上で分解を開始して、緻密な無機膜を形成する。無機膜になってからの熱分解温度は1500℃以上にな

る。

【0025】

上記樹脂を加熱により硬化させる場合、硬化温度は50～400℃、通常100～250℃であり、通常は無機ガラスを溶融させて接着する温度よりかなり低い温度で硬化することができる。例えば、ポリ（2-クロロエチル）シルセスキオキサン、ポリ（2-ブロモエチル）シルセスキオキサン等は加熱重縮合の途中で塩化水素又は臭化水素を発生し、自ら重合の触媒となると共に、有機側鎖の離脱を促進し、酸素又はオゾン等の酸化性雰囲気下、400℃以下の比較的低温で、ほぼ完全なアモルファスシリカ膜を形成する。従って、これらの物質を使用することにより、耐光性や耐熱性に優れた完全無機材料による光ファイバー構造体12を比較的低温で製造することが可能になる。

【0026】

また、ポリ（2-クロロエチル）シルセスキオキサン、ポリ（2-ブロモエチル）シルセスキオキサンは波長180nm以上の紫外線を照射することによっても上述のアモルファスシリカ膜を形成することができ、この場合は常温にて完全無機材料による光ファイバー構造体12を作成することができる。

この光ファイバー構造体12は、必要により、光ファイバー14のクラッド14bと同程度、好ましくはやや小さい屈折率を有するフッ素樹脂や有機-無機ハイブリッド材料等の透明樹脂層18によりコーティングが施される。

【0027】

光ファイバー構造体12の周辺部には、光ファイバ14を励起させてレーザー光を発生させるための励起光源20が配置されている。この励起光源20としては、発光ダイオード（LED）、レーザーダイオード（LD）等の半導体素子やフラッシュランプ等のランプ類等の光ファイバー14のコア14aにドープされているレーザ活性物質を励起させる波長の光を発するものが用いられる。

【0028】

以下、上記のレーザー装置の作用について説明する。

励起光源20から発せられた励起光は、透明樹脂層18の一部を除去した部分から光ファイバー構造体12内に導かれる。この励起光は光ファイバー14の

側面を横切りながら光ファイバー構造体12内を進行し、透明樹脂層18と光ファイバー14のクラッド14bとの屈折率との差により透明樹脂層18で全反射されることにより光ファイバー構造体12に閉じ込められる。このとき、本発明に係るレーザー装置によれば、光ファイバー構造体12内の光ファイバー14間の間隙には接着層16が形成されているので、励起光の伝搬に伴う減衰やクラッド14bと接着層16の境界面における励起光の散乱損失を減少させることができる。

【0029】

この励起光は光ファイバー14のコア14aにドープされているレーザー活性物質を励起し、誘導放出効果によりレーザー光を発生させる。このレーザー光は光ファイバー14のコア14a内を伝わって出力端より出力される。

【0030】

このように、本発明に係るレーザー装置10によれば、励起光の導入効率やレーザー発振効率に優れたレーザー装置を提供することができる。また、接着層は、乾燥、比較的低温での加熱又は紫外線で硬化させることができ、しかも一旦硬化すると高い耐熱性を有するので、励起光に対する耐性が高く、しかも製造の容易なレーザー装置を提供することが可能になる。

【0031】

次に、本発明の他の実施の形態について説明する。以下の説明においては、上述した構成と同一部分については同一の参照番号を付し、その説明は省略する。

図3及び図4は本発明の第2実施形態に係るレーザー装置30を示す。

このレーザー装置30は、光ファイバー34が巻回された状態で固定されている光ファイバー構造体32と、光ファイバー34を励起させる励起光を発する励起光源（図示せず）と、励起光を光ファイバー構造体32に導くための導光部材としてのガラスダクト40とを備えている。

【0032】

光ファイバー構造体32は、光ファイバー34がコイル状に巻回された構造を有している。そして、この巻回された光ファイバー34の互い隣接する部分には接着層16が形成されており、この接着層16により光ファイバー34は自立型

円筒形状の光ファイバー構造体32として固定されている。本実施の形態では、光ファイバー34としては、接着層16による接着強度を強化すると共に、接着層16の硬化に伴う収縮により接着層にひび割れ（クラック）が発生するのを防止するため、クラッド34bの表面に2本の平行な平面が面取りされている断面樽型形状のものが用いられており、光ファイバー34はこの平面どうしが接着されることにより固定されている。このような光ファイバー構造体32は、例えば、光ファイバー34を円筒状の土台の側面に間隙なく巻き付け、これに有機溶剤に溶解した有機-無機ハイブリッド材料を塗布し、加熱、紫外線照射等により硬化させた後、土台を抜き取ることにより製造することができる。

【0033】

この光ファイバー構造体32の上部端面には、励起光源から発せられた光を導くためガラスの薄板で形成された導光部材としてのガラスダクト40が設けられている。導光部材としては、他の形状のダクトや、光ファイバー等を用いてもよい。また、導光部材を用いずに、光源を光ファイバー構造体に直接接続してもよい。

このようなレーザー装置30は、例えば、空気又は石英より低い屈折率を有する冷却媒体中でも動作させることができる。

【0034】

以下、上記のレーザー装置30の作用について説明する。

励起光源から発せられた励起光はガラスダクト40を介して上部より光ファイバー構造体32内に導かれる。この励起光は光ファイバー34の側面を横切りながら光ファイバー構造体32内を下方に進行する。このとき、本発明に係るレーザー装置30によれば、光ファイバー34間の間隙には接着層16が形成されているので、励起光の伝搬に伴う減衰やクラッド34bと接着層16の境界面における励起光の散乱損失が減少される。

【0035】

この励起光は光ファイバー34のコア34aにドープされているレーザー活性物質を励起し、誘導放出効果によりレーザー光を発生させる。このレーザー光は光ファイバー34内を伝わって出力端より出力される。

このように、本発明に係るレーザー装置 3 0 によれば、励起光の導入効率やレーザー発振効率に優れ、励起光に対する耐性が高く、しかも製造の容易なレーザー装置を提供することが可能になる。

【 0 0 3 6 】

次に、本発明の第 3 実施形態について説明する。

図 5 および図 6 は本発明の第 3 実施形態に係るレーザー装置 5 0 を示す。

このレーザー装置 5 0 は、光ファイバー 1 4 が複数回折り返され束ねられている状態で固定された光ファイバー構造体 5 2 と、光ファイバー構造体 5 2 を保持すると共に、光ファイバー構造体 5 2 に励起光を導入するための光学基板 5 4 とを備えている。

【 0 0 3 7 】

この光ファイバー構造体 5 2 においては、1 本の光路を形成する光ファイバー 1 4 が複数回折り返されており、その中央部分は光ファイバー 1 4 が平行に束ねられたバンドル部 5 6 を形成している。このバンドル部 5 6 において、光ファイバー 1 4 の互い隣接する部分には接着層 1 6 が形成されており、この接着層 1 6 により光ファイバー 1 4 は構造体として固定されている。このバンドル部 5 6 は、ガラス等で形成された光学基板 5 4 上に接着層 1 6 により固定されている。この光学基板 5 4 の端面 5 4 a、5 4 b は励起光の導入が可能な研磨面とされている。

【 0 0 3 8 】

このようなレーザー装置 5 0 は、複数本の光ファイバーを光学基板 5 4 上に間隙なく配置し、これに有機溶剤に溶解した有機-無機ハイブリッドポリマーを塗布して光ファイバー間及び光ファイバーと光学基板間に浸透させて硬化させた後、各光ファイバーの端面を光路が一つながりになるように融着接続機で接続することにより製造することができる。また、1 本の光ファイバーを複数回折り返しその中央部分を束ね、この束ねた部分を接着層を用いて光学基板上に固定することにより製造することも可能である。

【 0 0 3 9 】

以下、上記のレーザー装置 5 0 の作用について説明する。

励起光源から発せられた励起光は端面 5 4 b より光学基板 5 4 内に導かれる。この励起光は光学基板 5 4 の上下面で反射を繰り返しながら進行するが、バンドル部 5 6 が設けられている部分に達すると接着層 1 6 を介して側面から光ファイバー 1 4 に導入される。このとき、本発明に係るレーザー装置 5 0 によれば、接着層 1 6 における励起光の減衰や境界面における励起光の散乱損失を減少させることができる。

【0040】

この励起光は光ファイバー 1 4 のコア 1 4 a にドープされているレーザー活性物質を励起し、誘導放出効果によりレーザー光を発生させる。このレーザー光は光ファイバー 1 4 内を伝わって外部に引き出された端部より出力される。

このように、本発明に係るレーザー装置 5 0 によれば、励起光の導入効率やレーザー発振効率に優れ、励起光に対する耐性が高く、しかも製造の容易なレーザー装置を提供することが可能になる。

【0041】

本発明は上述した形態に限定されるものではなく、その主旨を逸脱しない範囲内で適宜変更して実施することができる。例えば、接着層 1 6 として熱収縮率が小さい物質を用いる場合、断面が円形や楕円形のクラッドを有する光ファイバーを用いることもできる。また、本発明に係るレーザー装置 1 0、3 0、5 0 を光信号増幅装置として用いる場合、光ファイバー 1 4、3 4 の両端が外部に引き出され、一端が信号光入力端とされ、他端が信号出力端とされる。

【0042】

【実施例】

以下、本発明の実施例について説明する。

実施例 1

図 1 及び図 2 に示されるレーザー装置によりレーザー発振を行った。

光ファイバー 1 4 として、コア径 $50\mu\text{m}$ 、クラッド径 $70\times 200\mu\text{m}$ 、コア 1 4 a の開口数 0.2 の断面矩形状の石英系ガラスファイバであって、コア 1 4 a 内部に 1.0 at % のネオジウムイオン (Nd^{3+}) がドープされているものを 120 m 用意した。この光ファイバー 1 4 をポリメチルシルセスキオキサンと

ポリフェニル-メチルシルセスキオキサンの1:2混合物の10wt%アセトン溶液で濡らしながら、内径60φ、表面に金メッキが施された円筒22に200μmの幅が重なるように巻き付けて構造体を作成し、清浄な雰囲気下で乾燥させた。

【0043】

乾燥が完全に終了した後、この構造体をオープン内に設置し、1℃/分の昇温速度で110℃まで昇温し、この状態で30分保持し、その後10℃/分で室温まで冷却した。オープンからこの構造体を取り出し、エタノールを10%含む水で構造体の周囲の余分なシルセスキオキサンを拭き取り、乾燥の後、再びオープンに設置し、5℃/分の昇温速度で200℃に昇温し、この状態で30分保持した。この操作によってポリシルセスキオキサンは完全に硬化した。

【0044】

光ファイバー14の巻付開始部分は円筒22に形成されたスリットに差し込み、この端面は反射端として波長1.06μmの光を99%反射する反射鏡24が取り付けられた。また、光ファイバー14の他端は出力端として破断面のままとされ、外部に引き出された。この構造体は屈折率1.33の透明なフッ素樹脂18がコーティングされ、光ファイバー構造体12とされた。

【0045】

光ファイバー構造体12の周囲には発振波長0.8μmのLD20が23個配置され、各LD20から励起光が導光ダクトを介して約120W、合計約2760Wが導入された。その結果、光ファイバー14の出力端から約800Wの波長1.06μm帯のレーザー発振を確認できた。また、このレーザー発振による光ファイバー構造体12のダメージは観察されなかった。

【0046】

比較例として、ポリシルセスキオキサンの代りにエポキシ系接着剤を用いた他は上記実施例と同一条件でレーザー装置を製造し、レーザー発振を行ったところ、上記実施例と比べて1/3以下の励起パワーで接着層の一部が燃焼してしまった。

【0047】

また、ポリシルセスキオキサンに代りに石英ガラスを用いて光ファイバーを融着した他は上記実施例と同一条件でレーザー装置を作成し、レーザー発振を行った。この場合、励起光によるダメージは上記実施例と同じく最大出力まで起こらなかったが、コアを伝播するレーザー光の伝播損失が大きく、効率 は 上記実施例の約 70%にとどまった。以上により本発明の効果は明らかであった。

【0048】

実施例 2

図 3 及び図 4 に示されるレーザー装置によりレーザー発振を行った。

光ファイバー 34 として、直径 $200\ \mu\text{m}$ 、 $125\ \mu\text{m}$ の間隔を配して 2 列の平面が平行に面取りされた断面樽型形状の石英系ガラスファイバーであって、コア径 $50\ \mu\text{m}$ 、コアの開口数 0.2、コアに 0.1 at% のネオジウムイオンがドーパされたものを全長 50 m 用意した。

【0049】

この光ファイバー 34 を内径 $150\ \phi$ の円柱に平面どうしが接触するようにして巻き付けた。この光ファイバー 34 の上部に厚さ $125\ \mu\text{m}$ 、幅 12 mm の石英ガラス製のガラスダクト 40 を 2 枚設置した。その後、 β -プロモエチルシルセスキオキサンのメトキシプロパノール 5 wt% の溶液を、光ファイバー 34 の平面どうしの接触面及び光ファイバー 34 とガラスダクト 40 の接触面に十分に塗布し、清浄な雰囲気下で十分に乾燥させた。

【0050】

その後、表面に付着した余分な β -プロモエチルシルセスキオキサンを拭き取り、低圧水銀ランプで紫外線を 4 時間照射した。この紫外線の照射によって β -プロモエチルシルセスキオサンは完全に硬化した。その後、円柱を抜き取り、自立型の円筒形状の光ファイバー構造体 32 を得た。

光ファイバ 34 の一方の端面には反射端として波長 $1.06\ \mu\text{m}$ の光を 99.9% 反射する反射鏡 24 が取り付けられた。また、光ファイバー 34 の他端は出力端として破断面のままとされた。

【0051】

ガラスダクト 40 一枚あたり発振波長 $0.8\ \mu\text{m}$ の LD を 1 個設置して、各 L

Dから励起光を約100W、合計約200Wを照射した。その結果、光ファイバー34の出力端から約80Wの波長1.06 μ m帯のレーザー発振を確認できた。このレーザー発振による光ファイバー構造体32のダメージは観察されなかった。

【0052】

実施例3

図5及び図6に示されるレーザー装置によりレーザー発振を行った。

光ファイバー14として、コア径50 μ m、クラッド径125X200 μ m、コア14aの開口数0.2の断面正形状の石英系ガラスの光ファイバーであって、コア14a内部に2.0at%のネオジウムイオン(Nd³⁺)がドープされているものを、1~2mの長さで全長20m用意した。また、光学基板54として、長さ1.0m、幅1.5mm、厚さ150 μ mの石英ガラスの平板であって長さ方向の両端面が研磨されているものを用意した。この光学基板54上に長手方向に沿って光ファイバー14を間隙なく配置した。この光ファイバー14上にフェニルシルセスキオキサソジメチルシロキサソコポリマーの20wt%ブタノール溶液を塗布し、光ファイバー14どうし及び光ファイバー14と光学基板54との接触面に浸透させ、清浄な雰囲気下で乾燥させた。その後、光ファイバー14の表面に付着した余分なフェニルシルセスキオキサソジメチルシロキサソコポリマーを拭き取り、120℃で90分間加熱して硬化させた。

【0053】

その後、光ファイバー14の端面を光路が一つながりになるように石英ファイバーの融着接続機で接続した。融着接続による波長1.06 μ mにおける接続損は測定誤差程度でしかないことが確認された。この光学的に一つながりの光ファイバー14の両端は外部に引き出されて、破断面のままとされた。

光学基板54の長手方向の両端面から発振波長0.8 μ mのレーザーダイオードの励起光を一端面あたり40W、合計80W照射した。その結果、光ファイバー14の両端面から合計約32Wの波長1.06 μ m帯のレーザー発振が確認された。

このレーザー発振による光ファイバー構造体52のダメージは観察されなかつ

た。

【0054】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明によれば、光ファイバーを固定する光学媒質は400℃以下といった通常の無機ガラスより低い温度で硬化させることができるので、レーザー装置の製造が容易になると共に製造に際し光ファイバーのコアを変形させるおそれがない。また、この光学媒質は一旦硬化すると300℃以上の耐熱性を有するので、レーザー発振に伴う光及び熱によりよりダメージを受けることがない。また、この光学媒質はレーザー活性物質を励起可能な励起光の波長で1.40～1.56の屈折率を有するので光ファイバーと光学媒質の屈折率を同程度に設定することが可能になり、光学媒質とクラッドとの境界における励起光の散乱損失を最小にとどめることができる。さらに、この光学媒質は、損失0.5dB/cmといった高い透明性を有するので光学媒質における励起光の減衰を防止することが可能になる。

従って、本発明によれば、励起光の導入効率やレーザー発振効率に優れ、励起光に対する耐性が高く、しかも製造の容易なレーザー装置及びこのレーザー装置を用いた光信号増幅装置を提供することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係るレーザー装置の第1実施形態の概略を示す平面図である。

【図2】

本発明に係るレーザー装置の第1実施形態の概略を示す断面図である。

【図3】

本発明に係るレーザー装置の第2実施形態の概略を示す斜視図である。

【図4】

本発明に係るレーザー装置の第2実施形態の概略を示す断面図である。

【図5】

本発明に係るレーザー装置の第3実施形態の概略を示す斜視図である。

【図6】

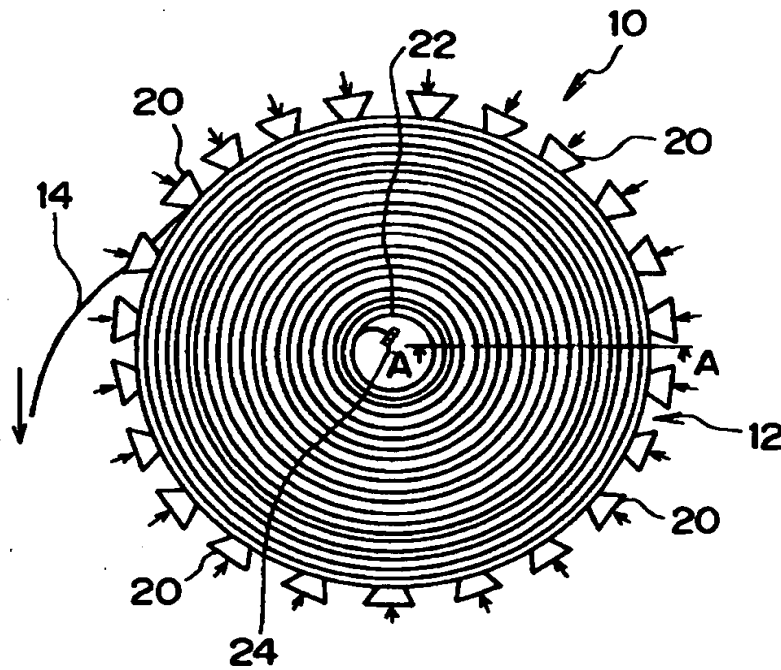
本発明に係るレーザー装置の第 3 実施形態の概略を示す断面図である。

【符号の説明】

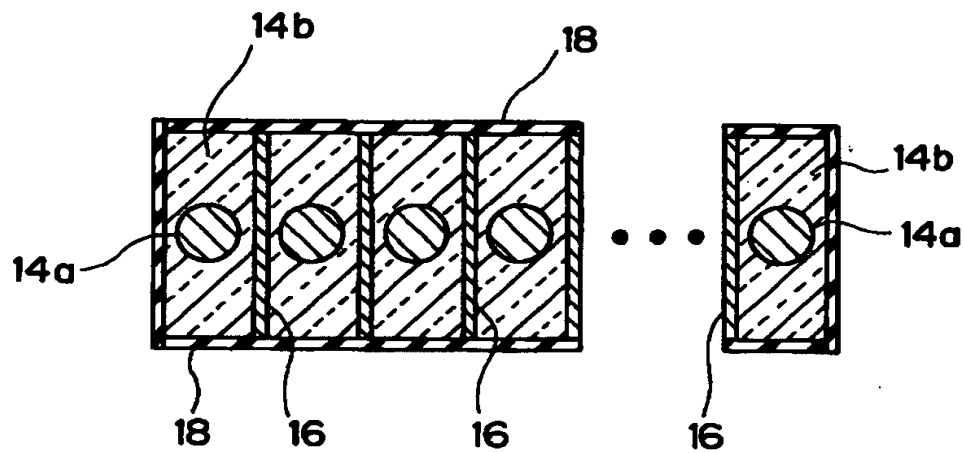
- 1 0 レーザー装置
- 1 2 光ファイバー構造体
- 1 4 光ファイバー
 - 1 4 a コア
 - 1 4 b クラッド
- 1 6 接着層
- 2 0 励起光源
- 3 0 レーザー装置
- 3 2 光ファイバー構造体
- 3 4 光ファイバー
 - 3 4 a コア
 - 3 4 b クラッド
- 4 0 ガラスダクト
- 5 0 レーザー装置
- 5 2 光ファイバー構造体

【書類名】 図面

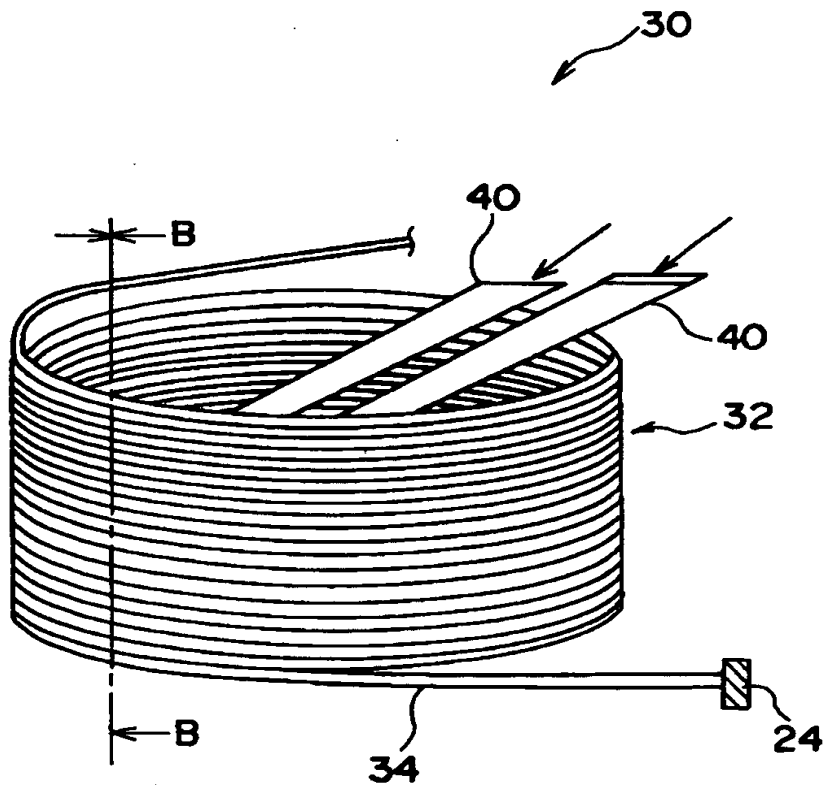
【図 1】



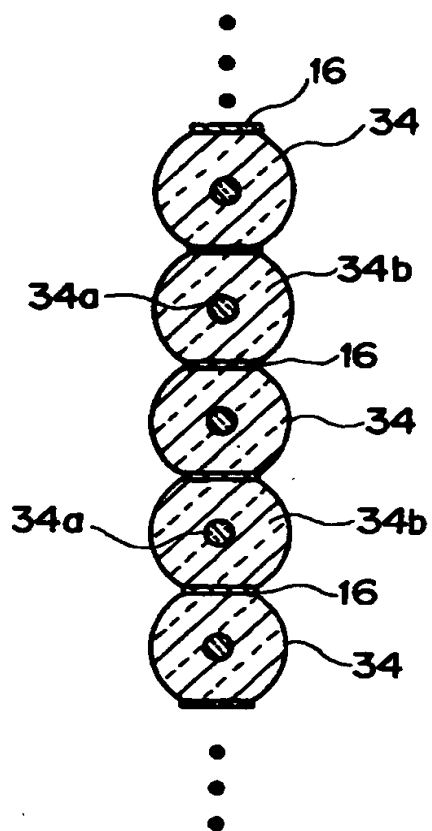
【図 2】



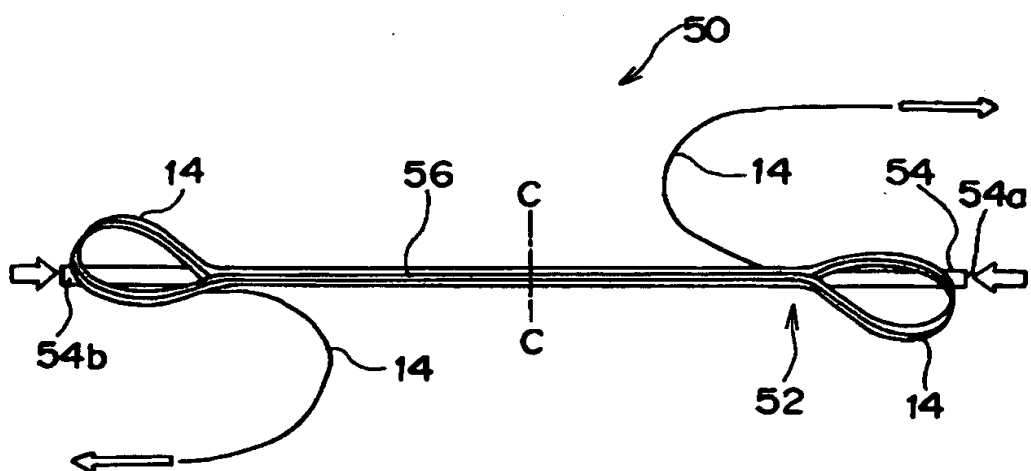
【図3】



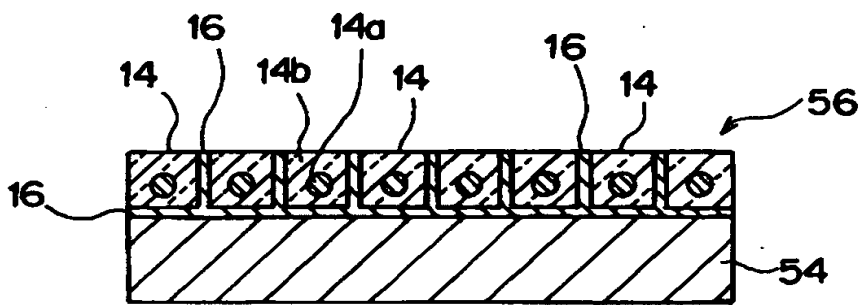
【図 4】



【図 5】



【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 励起光の導入効率やレーザー発振効率に優れ、励起光に対する耐性が高く、しかも製造の容易なレーザー装置及びこのようなレーザー装置を用いた光信号増幅装置を提供する。

【解決手段】 内部にレーザー活性物質を含みこのレーザー活性物質が励起されると端部よりレーザー光を発する光ファイバーの少なくとも一部が密集状態で光学媒質により固定されているレーザー装置及び光信号増幅装置において、光学媒質として一般式 $R Si O_{1.5}$ (Rはアルキル基、水酸基、フェニル基、ビニル基、2-クロロエチル基、2-ブロモエチル基、水素、重水素、フッ素又は酸素を表す。但し、Rが全て酸素であるものを除く。また、Rは繰り返し単位毎に異なってもよい。) で表される繰り返し単位を含むポリシルセスキオキサンを用いる。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000113263]

1. 変更年月日	1990年 8月16日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都新宿区中落合2丁目7番5号
氏 名	ホーヤ株式会社